Marco Corvi

Il rilievo tra arte e tecnica

Abstract: The drafting of a cave map is a peculiar cartographic problem, with roots in the three-dimensionality of the object that is mapped. An accurate analysis of the different solutions used to address the cartographic issues that arise in cave maps, goes well beyond the limits of this note. Here we summarize only general principles. There is no unique solution suitable for all cases. The cartographer is lead to apply different approaches depending on the complexity of the cave map. The development of a cartographic expertise is usually left to self-learning, but nowadays many resources on the web are available to help new cave cartographers.

Riassunto: La stesura di una mappa di grotta e' un problema cartografico peculiare che ha radici nella intrinseca tridimensionalita' dell'oggetto rappresentato. Un'analisi accurata delle soluzioni adottate di fronte a problemi cartografici riscontrati nelle mappe di grotta richiederebbe molto spazio. In questa nota si accennano solo principi generali. Non esiste una unica soluzione valida per tutte le situazioni, ma il cartografo si trova ad applicare soluzioni diverse a seconda della complessita' del rilievo. Lo sviluppo delle capacita' cartografiche e' usualmente lasciato all'autoapprendimento, ma e' oggi facilitato dalle risorse reperibili in internet.

Mappe e disegni, al pari di scritti e discorsi, sono un modo per documentare e comunicare informazione. Il tipo di informazione d'eccellenza per le mappe è quella "spaziale", cioè le interrelazioni spaziali fra entità. Una specificità delle mappe di grotta è che l'oggetto che rappresentano è un vuoto tridimensionale. La grotta è un "vuoto" all'interno dell'ammasso roccioso della montagna, qualcosa che non c'è. Ma non si puo' disegnare quello che non c'è; e allora le mappe di grotta riportano quello che non è "vuoto", cioè il bordo della grotta, e quello che è contenuto dentro la grotta.

La seconda caratteristica delle grotte è che si sviluppano in tre dimensioni. Questo problema è stato risolto da oltre un secolo con mappe composte da più proiezioni piane che preservano le relazioni metriche: pianta, profilo (esteso o proiettato) e sezioni trasversali. Questo porta ad avere occlusioni fra porzioni di grotta. La realizzazione di una mappa di grotta è dunque un problema genuinamente cartografico in cui bisogna rappresentare una entità tridimensionale, trattando le occlusioni.

Ogni mappa di grotta, per quanto accurata, non è mai la grotta stessa. La mappa presenta un modello che serve per descrivere e comunicare una sintesi della nostra percezione della grotta: come è fatta, quanto è grande, cosa vi è dentro. La realizzazione di una mappa è quindi frutto di scelte, risultato delle intenzioni e delle cognizioni acquisite che decidiamo di trasmettere. Le mappe sono registrazioni di un processo cognitivo, strumenti conoscitivi grafici (Faverjon, 2024). La loro qualità non si misura in base alla loro attinenza con il reale, la grotta, ma in funzione dell'uso per cui sono state concepite e realizzate. Il valore d'uso delle mappe dipende dalle intenzioni per cui sono state prodotte, e dalla usabilità nel tempo in cui sono state create. Le mappe sono "corrette" se convogliano le informazioni di cui abbiamo bisogno e che desideriamo comunicare.

Le mappe sono caratterizzate dalla scelta delle informazioni incluse, e da come queste sono scritte tramite disegni, diciture e testi. Le relazioni metriche, dimensioni e orientazioni, sono molto importanti per contestualizzare geograficamente gli elementi di una grotta. La mappa di grotta è quindi una modellizzazione in scala ridotta dell'oggetto grotta, in cui sono enfatizzati elementi che reputiamo importanti, e soppressi altri, che giudichiamo poco rilevanti per il messaggio che vogliamo registrare e trasmettere. L'accuratezza e la completezza di una mappa è inoltre dipendente dalla scala di restituzione, dalla precisione di misurazione e osservazione, e dalla riduzione delle informazioni che vengono codificate. Certe inaccuratezze e incompletezze

sono inerenti alla scala di rappresentazione. Nella mappa a piccola scala 1:5000 di una grande grotta, una parete rappresentata con una linea con spessore di 0.5 mm ha una indeterminatezza di circa due metri. Una mappa a grande scala puo' esser più ricca di dettagli di una a piccola scala, nella quale quelli meno rilevanti sono soppressi o accorpati, in favore della leggibilità. Altre inaccuratezze e incompletezze sono finalizzate alla leggibilità della mappa. Due rami sovrapposti sono rappresentati in pianta tralasciando i dettagli di quello inferiore, per evitare confusione. Quando la sovrapposizione è marginale, questa puo' esser eliminata riducendo un poco la dimensione dei rami e/o deformandone leggermente la rappresentazione.

Questo non vuol dire fare acquisizioni inaccurate o senza dettagli. Le misurazioni topografiche devono esser quanto più accurate possibile, compatibilmente con le finalità del rilievo, e l'accuratezza nella registrazione dei dettagli è essenziale per poi estrarre gli elementi salienti da metter nella mappa. Un'adeguata accuratezza dei dati metrici della topografia è importante nella esplorazione di grandi complessi e sistemi carsici, per farsi una idea di come si sviluppano le grotte. L'accuratezza di un rilievo può essere verificata attraverso una analisi statistica degli errori di chiusura degli anelli (cicli chiusi). Chiaramente questo è possibile solo per rilievi di grandi grotte o complessi con dozzine e dozzine di anelli. Sommariamente l'accuratezza è rappresentata dal raggio della sfera di errore in cui cadrebbe il 99% delle misurazioni. Poiché il raggio è grossomodo proporzionale alla distanza, qui si utilizza l'errore sugli angoli. Per esempio con un DistoX ben calibrato, un errore medio di 0.5° è facilmente ottenibile, Con bussola e clinometro si arrivava a circa 2°. L'accuratezza dei rilievi è codificata nella scala UIS, che deriva dalla scala BCRA (Hauselmann, 2011).

La figura 1 mostra le regioni di errore di chiusura di anelli, in funzione della lunghezza dell'anello, statisticamente accettabili per tre valori di errore sugli angoli. Per esempio se l'errore di chiusura di un rilievo a 0.5° cade sotto la riga verde, le misurazioni sono "accettabili". Se cade sopra, sono indicative di un possibile errore di misura, o di composizione dei diversi rilievi, cioè di identificazione fra capisaldi di differenti rilievi.

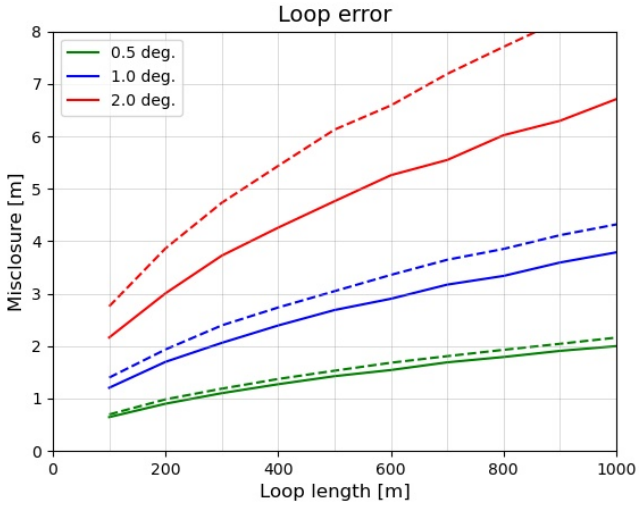

Fig. 1. Limiti per gli errori di chiusura di anelli, per diversi gradi di accuratezza dei dati. Adattato da Varild, 2007.

L'utilizzo della mappa determina come viene disegnata, quali elementi includere e quali tralasciare. Un rilievo steso durante le fasi di esplorazione della grotta deve contenere i punti lasciati in sospeso, le possibili prosecuzioni, i flussi dell'aria e ogni altro particolare utile alla esplorazione. Un rilievo focalizzato sulla progressione contiene le posizioni degli ancoraggi, l'identificazione delle strettoie, la presenza di pozze, scorrimenti d'acqua, etc.

Il valore d'uso e la fruibilità del rilievo dipendono dalla leggibilità e dalla completezza dei dati. La mappa di grotta è un documento, al pari di una relazione scritta. Ha un suo linguaggio, che unisce elementi grafici e testuali, e ha una sua sintassi. Come per un racconto, la leggibilità e quindi il valore comunicativo della mappa variano a seconda di come è stata composta nelle sue parti e disegnata.

Le mappe di grotta sono dunque una interpretazione della realtà, di cui vengono selezionate le informazioni da includere ai fini della comunicazione. Le entità sono rappresentate nelle mappe attraverso il disegno. Gli elementi identificati vengono poi generalizzati ed espressi attraverso una rappresentazione simbolica, un alfabeto grafico che è

stato sviluppato durante i decenni del secolo scorso fino ad arrivare alla codificazione nella simbologia ufficiale UIS. Questa, pur lasciando aperta la possibilità di aggiungere simboli specializzati, rappresenta una base comune che copre gran parte delle necessità per le mappe di grotta. Un'accurata disanima della simbologia UIS si trova in Cappa-Ferrari, 1999.

Il momento del disegno fatto in grotta è epistemico; siamo portati ad osservare l'ambiente in cui siamo immersi, a riconoscere gli elementi e i dettagli, e a selezionare quelli rilevanti per il rilievo. In questo processo ci muoviamo all'interno della grotta nel tentativo di ottenere informazioni da diversi punti di vista. Il disegno che facciamo ha valore conoscitivo: la sua esecuzione è un passo nella acquisizione e registrazione di conoscenza. Da un lato fare il disegno ci porta ad osservare con attenzione la grotta, a conoscerla più approfonditamente, dall'altro possiamo controllare attraverso lo schizzo che stiamo facendo se esso compendia gli elementi di conoscenza che abbiamo identificato. Il disegno ci aiuta a comprendere la grotta quando ancora ne siamo dentro. "Il rilievo disegnato contiene l'immagine mentale che lo speleologo si è formato durante l'esplorazione. E' necessario osservare bene la grotta per poi tradurla in un rilievo. Osservare significa cogliere la morfologia funzionale dei vari ambienti, valutare volumi e distanze, distinguere limiti reali (roccia) da limiti visuali." (Piccini, 2020). Si fa il rilievo perché permette di capire meglio la grotta, e quindi di esplorarla e conoscerla in modo più completo.

Il rilievo tradizionale si basa completamente sulla interpretazione della grotta da parte del rilevatore. Quindi dipende dalle condizioni di illuminazione, dalla facilità di osservazione, e dal background di conoscenze del topografo. L'avvento della illuminazione LED, con fasci di luce focalizzati, ha permesso di arrivare a vedere meglio zone abbastanza lontane. Tuttavia resta l'impossibilità di arrivare a vedere tutto. Per esempio durante la discesa di pozzi, non vediamo cosa si cela dietro quinte di roccia lontane dal percorso di discesa. L'identificazione degli elementi rilevanti da disegnare dipende dal bagaglio culturale dello speleologo nelle discipline afferenti la speleologia (geologia, biospeleologia, archeologia, paleontologia, etc.). Di tutto quel che lo speleologo osserva, viene fatta una selezione, perché il supporto di memoria ha una capacità limitata (taccuino cartaceo). Alla fine il risultato, la mappa di grotta, resta soggettivo e rappresenta la percezione che il topografo ha della grotta nel momento del rilievo. E' sufficiente osservare rilievi a catasto di qualche grotta fatti da persone diverse per rendersi conto che, sebbene si tratti della stessa grotta, i modi di vederla e interpretarla possono essere molto differenti (fig. 2).

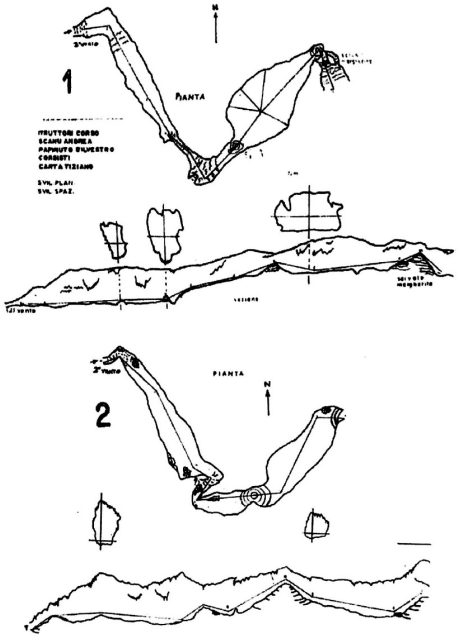

Fig. 2. Esempio di due rilievi della stessa grotta.
Tratto da *Speleologia Sarda, n. 56*

L'avvento del DistoX in accoppiata a programmi di topografia ipogea, cioè il rilievo *paperless*, ha migliorato l'accuratezza delle misurazioni e ridotto gli errori di trascrizione, ma ha meccanicizzato il processo di comprensione dimensionale: il trasferimento automatico delle misure dallo strumento a programmi che visualizzano le proiezioni delle battute e degli splay porta a tracciare la grotta su questo scheletro, trascurando di formare mentalmente una percezione tridimensionale della grotta. Una conseguenza è la tendenza ad unire i punti dei pochi splay, senza interpretare e registrare le morfologie. Senza capire la grotta. Il risultato sono mappe di grotte che sembrano salsicciotti (fig. 3). Il momento migliore per comprendere la grotta è quando ne siamo ancora dentro e possiamo muoverci per osservare meglio la grotta. La tecnica *paperless* permette una comprensione dello spazio della grotta più accurata. Può esser usata per anticipare parte del lavoro di restituzione sviluppando le relazioni spaziali della

mappa sulla base della elaborzione delle misure. Se usato con cervello il metodo *paperless* non riduce la qualità epistemica del rilievo ma fornisce una base metricamente più ricca per contestualizzare spazialmente la conoscenza acquisita.

Le tecniche di rilievo 3D (fotogrammetria, scansioni laser, LiDAR) promettono di rimpiazzare l'osservazione diretta in grotta con una registrazione estremamente accurata dell'ambiente ipogeo, e rappresentano uno strumento molto importante per lo studio e la documentazione delle grotte. Il rilievo 3D aggiunge maggiore accuratezza nei dettagli ma ancora non elimina la fase di interpretazione (Lozano Bravo 2023). Aprendo il rilevo 3D la strada a sistemi capaci di estrarre categorie semantiche interpretative, come ad esempio il riconoscimento di elementi geomorfologici, non è escluso che si arrivi ad automatizzare quasi completamente la creazione delle "mappe" di grotta. Il rilievo in grotta e la stesura della "mappa" potrebbero diventare un processo quasi completamente automatico.

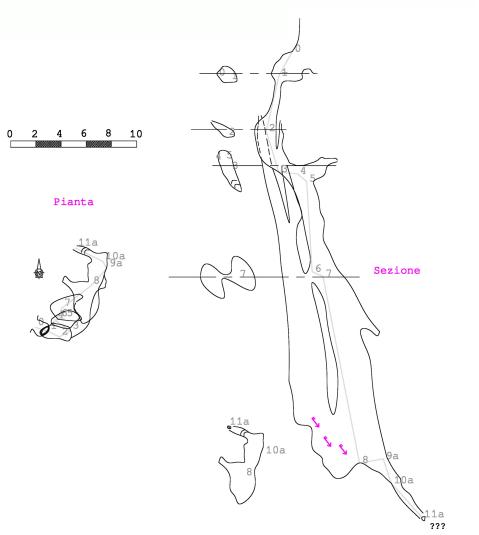

Fig. 3. Mappa povera nelle morfologie delle pareti

La visualizzazione 3D di semplici modelli (basati sulla poligonale, le dimensioni trasversali, e un DEM della orografia esterna), si e' dimostrata molto importante per la speleologia. E' presumibile che le mappe 2D saranno affiancate da rappresentazioni tridimensionali fruibili sullo schermo di un palmare, come le mappe cartografiche sono accompagnate da foto aeree nelle applicazioni di navigazione e nei programmi GIS. Da questo punto di vista i tentativi di "tridimensionalizzazione" di mappe 2D vanno verso una compartecipazione delle due rappresentazioni. Quando l'esecuzione di rilievi 3D diventerà semplice come il rilievo *paperless* anche nei contesti di grotte complesse e difficili, il rilievo 3D sarà rilevante anche ai fini esplorativi, cioè alla speleologia vera e propria. Esso sarà ancor più utile se effettuabile sul posto, in grotta, dove si ha modo di verificare il risultato, analizzarlo di fronte al reale, e completarlo con le informazioni non derivabili dalla acquisizione 3D.

Cosa si puo' mettere nel rilievo ? Per esempio, tra le altre cose,
- le pareti, cioe' la separazione fra il vuoto della grotta e il resto della montagna.
- i capisaldi; almeno quelli più importanti. In particolare il "punto zero", quello a cui sono riferite la coordinate della grotta, e i dati speleometrici.
- la geomorfologia: faglie, fratture, stratificazioni, ...
- riempimenti: massi, ciottoli, sabbie, argille, formazioni, ...
- pericoli e ostacoli: pozzi, risalite, strettoie, ...
- possibili prosecuzioni: camini, finestre, fessure, ...
- la presenza d'acqua: pozze, sifoni, flussi, stillicidi, cascate, ...
- i flussi dell'aria (con data)
- osservazioni di carattere "scientifico" (per esempio temperature)

Una regola generale per facilitare la lettura di una mappa è quella di creare una gerarchia visuale. Per esempio le pareti, cioè il contorno della grotta, che sono gli elementi più importanti, vengono messi in risalto rispetto al contenuto, ai dettagli. La gerarchia visuale viene usata anche per formare una percezione tridimensionale portando in primo piano gli elementi

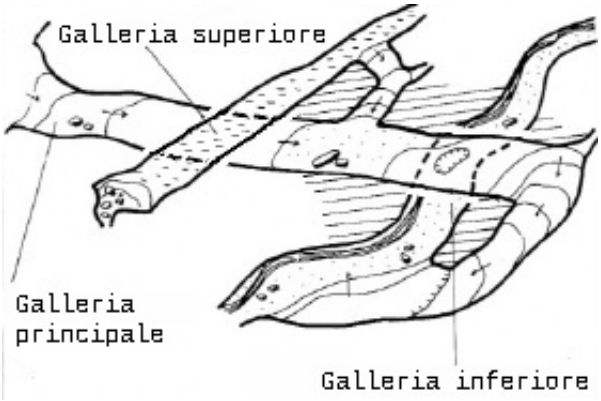

Fig. 4. Esempio di gallerie sovrapposte. Adattato da Martinez I Rius, 1983

più vicini rispetto a quelli sottostanti come nella fig. 4, e in fig. 6 (Vedi anche gli esempi in Sivelli, 2015).

La rappresentazione grafica curata dei dettagli, oltre a rendere più immediata la lettura del rilievo, puo' fornire informazioni sulla grotta. Negli esempi in fig. 5 si vedono tre differenti modi di disegnare le pareti, relativi a differenti morfologie della galleria.

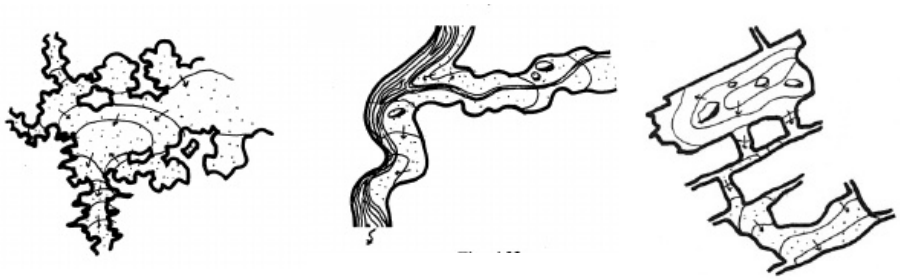

Fig. 5. Differenti morfologie di pareti: da dissoluzione, erosione, e controllo strutturale. Da Martinez I Rius, 1983.

Anche gli elementi grafici accessori, come l'indicazione del Nord e la barra di scala, possono esser disegnati in modi diversi che si ripercuotono sull'usabilità del rilievo. L'inserzione di un riferimento metrico verticale per il profilo è usato spesso già per grotte con modesto dislivello e permette di valutare facilmente lo sviluppo in profondità. Il grigliato per la pianta è invece poco usato forse perché, a scapito della leggibilità, aggiunge limitata informazione, essendo oggi più semplice fare sovrapposizioni, cioè posizionare i rilievi sulle carte topografiche, usando un GIS.

Non ci sono regole definite su come deve esser composta una mappa di grotta. Unica regola seguita da tutti gli speleocartografi è che la direzione verticale nel profilo e nelle sezioni trasversali verticali sia allineata ad un lato (in genere quello verticale) della pagina. Chiaramente la mappa deve contenere un riferimento metrico (in genere una barra di scala) e, per la pianta e le sezioni trasversali orizzontali, di orientazione (indicazione del Nord). La direzione del Nord è solitamente lungo la verticale del foglio, ma, a volte, risulta ruotato per esigenze di impaginazione, oppure per allineare la pianta con il profilo, migliorando cosi' la leggibilità della mappa.

Le soluzioni di stesura dipendono dalla finalità (pubblicazione, catasto, presentazione, etc.) e dal valore d'uso. La disposizione delle viste e il modo di disegnare gli elementi del rilievo ne condiziona la leggibilità e la fruibilità. Un rilievo per una pubblicazione deve adattarsi alle dimensioni del foglio. Questo impone una scelta di scala e quindi una selezione dei dettagli e delle diciture da metter nel disegno. Questi poi dipendono dall'argomento della pubblicazione: il rilievo dovrebbe esser parte integrante del testo e complementare graficamente il discorso testuale, non inserito solo per riempire una pagina. Pianta, profilo (sezione longitudinale) e sezioni trasversali non devono andare ognuno per conto suo, ma esser disposte in modo da facilitare il collegamento visuale fra di esse, cioè l'identificazione di punti in corrispondenza. Le sezioni trasversali risultano più facili da

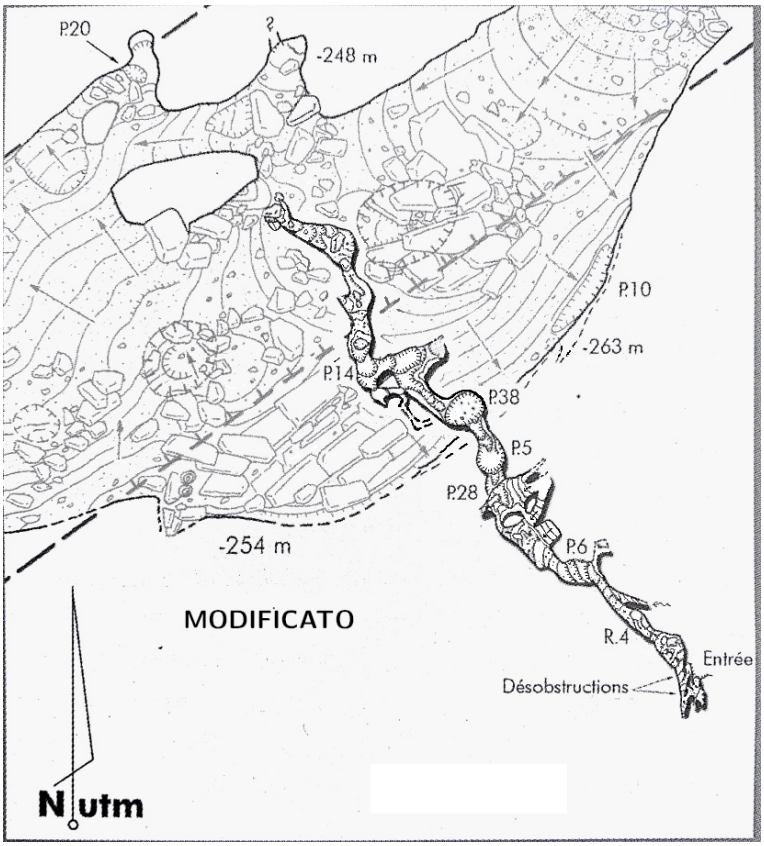

Fig. 6. Gerarchia visuale. Il ramo di ingresso, con tratto più forte, è posto in primo piano. Da notare i dettagli in grigio chiaro. Adattato da Fauchet-Mautref, 1991, riducendo il numero di dettagli e usando livelli di grigio.

leggere se sono orientate tutte nello stesso verso, e se sono poste vicino a pianta o profilo, collegate alla linea di sezione. D'altra parte se le sezioni trasversali sono tante e disturbano la leggibilità di pianta o profilo, si puo' considerare la soluzione di identificarle con lettere e raccoglierle in un riquadro a parte. La connessione fra pianta e profilo è aiutata dai toponimi e dalle indicazioni di profondità di pozzi e risalite. A volte si usano anche lettere per indicare punti in corrispondenza fra pianta e profilo. Dettagli, diciture e pareti devono esser coerenti fra le varie viste.

Spesso, appena la grotta diventa un poco complessa, ci si trova ad avere sovrapposizioni sia in pianta che nel profilo. Il profilo esteso ha ulteriori complessità dovute alla scelta del verso in cui disegnare le gallerie e alla necessità di interrompere gli anelli. Svariate tecniche sono usate per rappresentare rami sovrapposti.

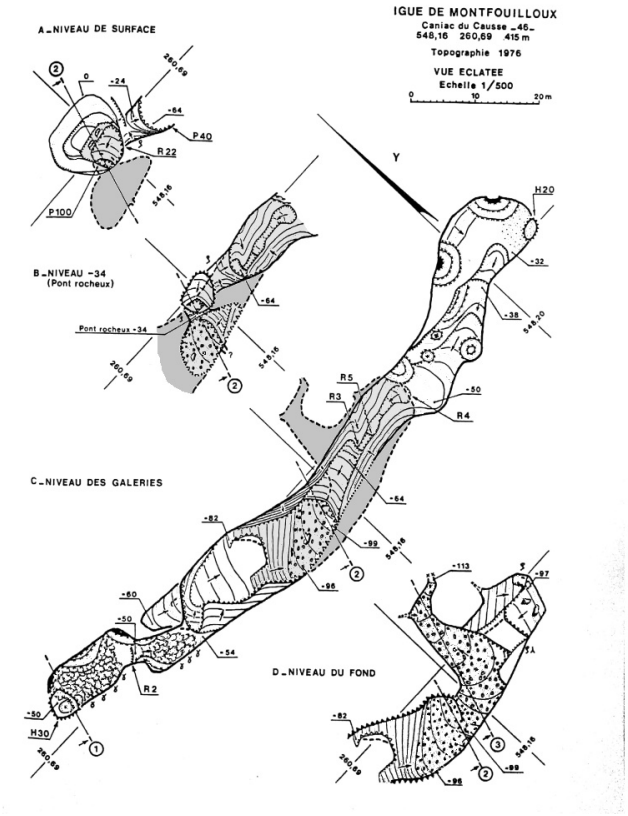

Fig. 7. Esempio di traslazioni: quattro livelli di un profondo pozzo. Da Fauchet-Mautref, 1991.

Vi sono diverse tecniche per rendere la tridimensionalità pur nel disegno sul foglio della pianta e aiutare la lettura. Se nella vista in pianta i rami più alti sono più marcati, si crea una gerarchia visuale, che ce li fa percepire in primo piano, quindi sopra quelli sottostanti, come nella fig. 6.

L'uso del colore è uno strumento molto potente, usato sempre più spesso nelle mappe di grotta. Se ben usato, puo' evitare traslazioni, aiuta la lettura del contenuto. I dettagli opportunamente colorati sono meglio riconoscibili; un esempio "classico" è l'uso del colore azzurro per l'acqua. Il colore puo' esser usato per identificare la natura del fondo della galleria, senza riempire lo spazio con tanti elementi grafici. Con differenti colori si possono distinguere rami quasi sovrapposti (Sivelli 2015). Tinte diverse possono esser usate per distinguere differenti rami della grotta. Nello stesso ramo diverse intensità del colore contraddistinguono rami meno profondi da rami più profondi. Il colore è utilizzabile anche come collegamento visuale fra pianta e profilo, usando lo stesso colore per le due viste per parti in corrispondenza. Ad ogni modo un eccesso di uso del colore è controproducente, come pure l'uso di colori troppo forti (saturati). Al pari del colore, le sfumature di grigio possono esser usate per portare visivamente su piani diversi porzioni del disegno. Il grigio più intenso è un primo piano, mentre quello debole un piano lontano. In genere, però si arriva al più a tre o quattro livelli.

Quando la sovrapposizione è tale da occludere una parte significativa dei dettagli del ramo sottostante si ricorre a traslazioni. Inevitabilmente le traslazioni rompono la visione metrica "spaziale" e, per quanto possibile, si cerca di evitarle. La fig. 7 è un esempio di vista in pianta di un profondo pozzo, rappresentato con quattro sezioni orizzontali traslate lungo una stessa direzione. Nelle tre viste superiori è inclusa una ombreggiatura della vista sottostante. La coerenza semantica dei dettagli deve esser curata anche nelle traslazioni: un pozzo nel ramo superiore diventa un camino in quello inferiore.

Diversi accorgimenti sono usati per semplificare la leggibilità delle traslazioni. In genere è bene che le traslazioni di parti del profilo siano in orizzontale, di modo da preservare la percezione della profondità dei diversi punti. La "continuità" di lettura puo' esser aiutata

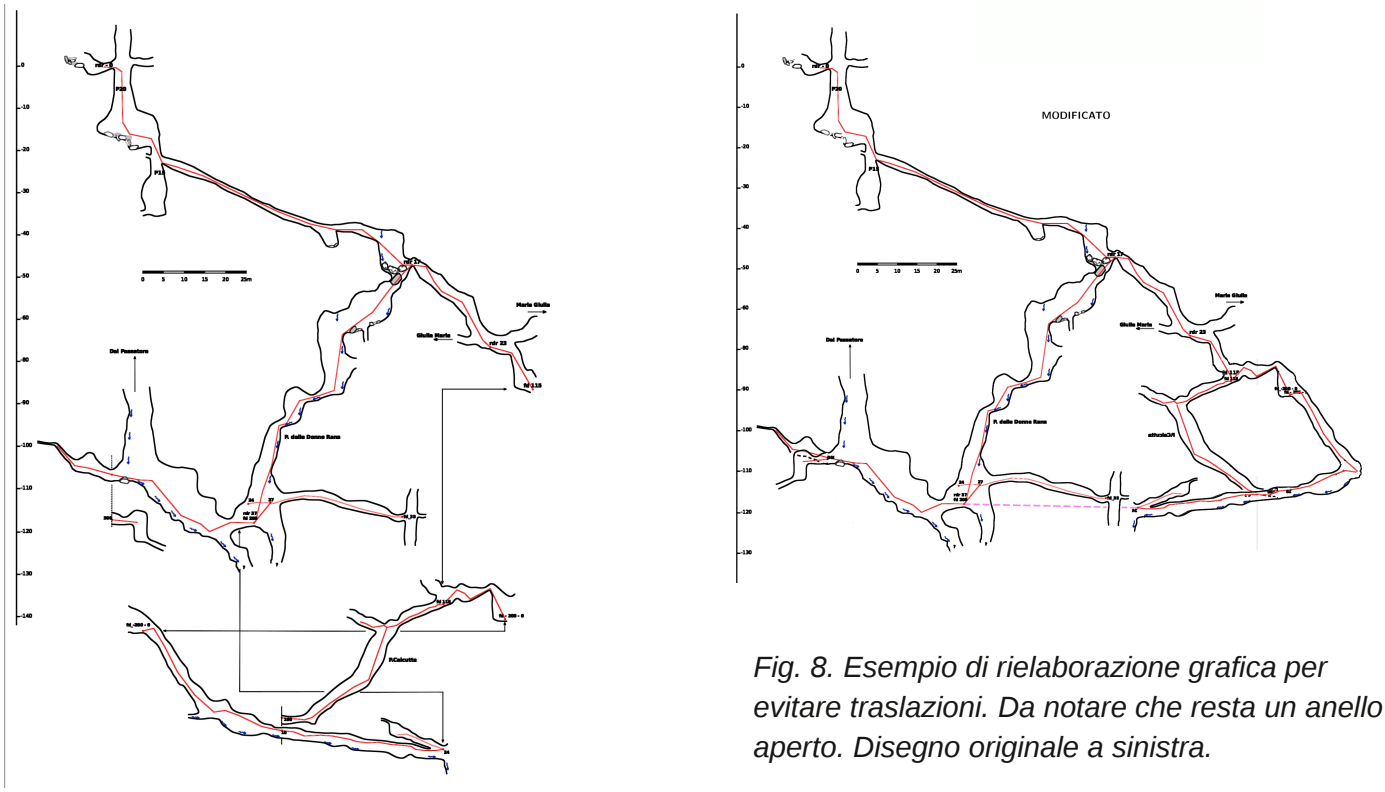

Fig. 8. Esempio di rielaborazione grafica per evitare traslazioni. Da notare che resta un anello aperto. Disegno originale a sinistra.

replicando una porzione della galleria nella parte traslata. In fig. 8 a sinistra è riportato un rilievo (vista in profilo) tratto da una recente pubblicazione. A destra un possibile riarrangiamento delle traslazioni per evitare la confusione nella lettura della profondità. E' stato ottenuto con un editor di immagini. Una miglior soluzione sarebbe forse stata possibile avendo i dati e gli schizzi della topografia.

Il disegno del profilo esteso (sezione longitudinale) è proprio un'arte: il cartografo deve fare delle scelte relativamente a come sviluppare le varie parti della grotta, e come "tagliare" gli anelli, che nella vista in profilo esteso difficilmente si chiudono. Ogni taglio è una interruzione, uno iato nella lettura del rilievo. Bisogna decidere come sviluppare i pezzi di grotta in modo da limitare le interruzioni, preservando la percezione tridimensionale. I programmi da rilievo per PC in genere hanno solo poche opzioni per lo "sviluppo" delle battute nel profilo esteso: verso sinistra, verso destra, o verticale (cioè solo dislivello). Uno sviluppo delle battute che ammetta anche valori intermedi permetterebbe un maggior controllo sul profilo esteso, a discapito di una non indifferente complessità di interfaccia, e risolverebbe solo alcune situazioni molto particolari. I programmi più usati non lo gestiscono.

In genere nei "corsi di rilievo" si tende a trattare precipuamente la parte di acquisizione, cioè la topografia ipogea con particolare enfasi sulle misurazioni, e a considerare poco la parte di restituzione, cioè la cartografia ipogea, la realizzazione della mappa di grotta. Si da quasi per scontato che gli allievi sappiano esprimersi tramite il disegno. Tuttavia, nei percorsi scolastici la competenza di espressione grafica (artistica e tecnica) è messa in secondo piano rispetto alle competenze di espressione linguistica (scritta e verbale), proprio per la predominante importanza sociale della seconda. La maggior parte dei cartografi ipogei si trova quindi impreparata quando si appresta a disegnare la mappa della grotta. Con un poco di impegno per dell'auto-apprendimento si può però arrivare a fare buone mappe di grotta.

La prima risorsa sono i manuali di topografia speleologica. La maggior parte non approfondisce la parte di restituzione, al di là della riduzione dei dati (che è ormai una cosa automatica che si fa con un qualsiasi programma di rilievo). Ce ne sono alcuni, tra cui Martinez I Rius, 1983, Fauchet-Mautref, 1991, e Ganter, 2000, che restano tuttora validi, anche se datati.

Moltissimo si impara "leggendo" con attenzione i rilievi pubblicati, fatti da altri. A volte si trovano soluzioni ingegnose di cui far tesoro e da applicare, quando serve, nei propri rilievi. Altre

volte il rilievo è di difficile lettura. In questo caso un esercizio veramente utile consiste nello sforzarsi a comprendere come è fatta la grotta e poi provare a modificare il disegno con un editor di immagini, per tentare di renderlo più immediato da leggere, come nell'esempio di fig. 7.

Qualcosa si impara sempre partecipando a gruppi di discussione (ormai sono pochi), e incontri di topografia ipogea. Si possono seguire presentazioni online dedicate al rilievo, e rivedere registrazioni. Oramai ce ne sono diverse raccolte su vari canali youtube. Gli argomenti sono svariati. Dagli strumenti, alle procedure di acquisizione. Dai programmi di gestione dei dati a quelli per il disegno delle restituzioni. Dalla organizzazione dei progetti di rilievi di grotte complesse, ai catasti. Dal DistoX (e dispositivi simili), agli strumenti innovativi per il rilievo 3D.

Infine è utile anche legger libri di cartografia, geografia, disegno artistico e tecnico. Non parlano di grotte, ma si trovano cognizioni che si possono riportare nella cartografia ipogea. In rete si trovano anche corsi (gratuiti) di cartografia, e altri argomenti, che, seppur non riguardano espressamente le mappe di grotta, sono utili per migliorare nelle capacità di espressione grafica.

Per creare la mappa di grotte appena complesse è necessario farsi una immagine mentale tridimensionale della grotta per decidere il modo migliore di rappresentare le viste. La visualizzazione 3D della poligonale, fatta con programmi di rilievo, aiuta a crearsi questa immagine. La cosa più difficile per il cartografo di grotta è staccarsi da questa immagine mentale. Vi è il rischio di guardare il rilievo che stiamo facendo, o abbiamo fatto, attraverso la lente di questa immagine e non rendersi conto delle difficoltà di lettura. L'immagine mentale tridimensionale deve venir fuori dalla lettura del rilievo, non essere necessaria per leggere il rilievo.

Per questo è molto utile far vedere i propri rilievi, specialmente se ancora in bozza, ad altri speleologi con cui si è andati nella grotta, in esplorazione o per rilevarla, e chieder loro di criticarli. Chiedere se il rilievo è chiaro, comprensibile. Se sono indicate tutte le cose che servono. Come potrebbe essere migliorato. Sono stati nella grotta, l'hanno esplorata, e possono dire se il nostro disegno riproduce la grotta come la conoscono.

Infine bisogna pubblicare i propri rilievi. Inviarli al catasto speleologico regionale. Purtroppo però i catasti non hanno requisiti stringenti di leggibilità. Anche la pubblicazione su riviste, in particolare su Speleologia, dovrebbe richiedere una buona qualità del rilievo, oltre che coerenza ed integrazione al testo. La redazione dovrebbe segnalare mancanze e problematiche tipografiche (per esempio tratto troppo fine, scritte illeggibili). Oltre a migliorare il proprio modo di fare i rilievi si impara anche a disegnarli tenendo in conto i vincoli imposti dalla pubblicazione.

Il disegno delle grotte, la loro rappresentazione grafica, è cambiata nel corso dei decenni, con anche differenze che riflettono diversità di storia e cultura speleologica nazionali. Non vi è un modo univoco e assoluto di rappresentare una grotta, ma molte soluzioni, tutte valide per documentare e comunicare il mondo ipogeo graficamente.

Non riusciremo mai a disegnare una mappa tecnicamente "perfetta" e artisticamente "sublime", una mappa di cui, rivista dopo anni, saremmo sempre soddisfatti e non troveremmo alcunché da eccepire. Tuttavia, arriveremo a fare buone mappe facilmente leggibili, usabili e comunicative, anche a distanza di decenni, proprio come le opere dei classici.

Bibliografia

Martinez I Rius A., 1983. Topografia espeleologica. Escola Catalana d'Espeleologia, 118 pp.
Faucher M., Mautref A., 1991. Speleographie. 332 pp.
Ganter J., 2000. A guide to cave mapping. National Speleological Society, 11 pp.
Faverjon M., 2024. L'importanza del disegno nella topografia. Speleologia, 89, 64-66
Faverjon M., 2023. Disegnare, Modellizzare, Topografare. 207 pp.
Calandri G., 2006, Topografia ipogea e catasto speleologico ligure. Delegazione Speleologica Ligure, 64 pp.
Piccini L., 2020, Lo zen e il rilievo ipogeo. Speleologia, 82, 55-57
Sivelli M., 2015. Contenitori senza contenuto. Speleologia, 72, 62-63
Cappa G., Ferrari G., 1999. La nuova simbologia internazionale per i rilievi di grotta. Speleologia, 41, 100-109
Hauselmann Ph., 2011. UIS mapping grades. Int. J. Speleology. 40, IV-VI
Varild A., 2007. Vertical. 192 pp.
Lozano Bravo H. et al., 2023, A methodology for cave floor basemap syntesis from point cloud data: a case study of SLAM-based LiDAR at Las Cuevas, Belize. ISPRS Annals Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. X-M-1-2023, 179-186

Ringraziamenti

Si ringraziano F. Toso e M. Abisso per la rilettura del testo e le osservazioni.